

Ηλικία και αύξηση εκτρεφόμενων ατόμων ερυθρού τόννου, *Thunnus thynnus* (Linnaeus 1758), στην Ανατολική Μεσόγειο

Νίκη Μιλάτου, Περσεφόνη Μεγαλοφώνου

Τομέας Ζωολογίας και Θαλάσσιας Βιολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη, Αθήνα 15784, e-mail: nmoceanology@msn.com

ABSTRACT

Nicky Milatou, Persefoni Megalofonou: Age and growth of farmed bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus 1758), in the Eastern Mediterranean.

Within a particular species-specific genetic component, growth rate is a highly plastic character depending on various environmental factors such as the water temperature, food supply, population density and microhabitats. The aim of this study was to estimate the age and growth of farmed bluefin tuna using dorsal fin spines and to reveal possible differences in growth between farmed and wild specimens in the eastern Mediterranean Sea. A total of 233 specimens were sampled from the Greek Bluefin Tuna farm, in the Ionian Sea, between January 2007 and January 2008. Their fork length and round weight ranged from 102 to 278 cm and from 43 to 475 kg, respectively. The length-weight relationship revealed a positive allometric growth and the estimated ages ranged from 3 to 18 years. Mean lengths at age and the precision of the ageing method were calculated.

Keywords: Bluefin tuna, age, growth, dorsal fin spines, aquaculture, Mediterranean

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ερυθρός τόννος, *Thunnus thynnus*, (Linnaeus 1758) της οικογένειας Thunnidae είναι ένα μεγάλο πελαγικό ψάρι, που σχηματίζει κοπάδια και πραγματοποιεί εκτεταμένες μεταναστεύσεις. Η γεωγραφική του εξάπλωση είναι ευρύτατη στον Ατλαντικό και τη Μεσόγειο, ωστόσο λόγω της μεγάλης εμπορικής του αξίας και της αυξανόμενης ζήτησής του στις αγορές της Ιαπωνίας, της Αμερικής και της Ευρώπης τις δύο τελευταίες δεκαετίες η υπεραλίευση των αποθεμάτων του παράλληλα με την έντονη δραστηριότητα της πάχυνσης έχουν οδηγήσει σε σημαντική κάμψη των πληθυσμών του προκαλώντας ανησυχία στην επιστημονική κοινότητα (FAO/GFCM/ICCAT 2005).

Στην Ελλάδα η μέση ετήσια αλιευτική παραγωγή του ερυθρού τόννου ανέρχεται περίπου στους 300 τόννους (ICCAT 2009). Εκτός της αλιευτικής παραγωγής, από το 2003 λειτουργεί μια μονάδα πάχυνσης ώριμων ατόμων (Bluefin Tuna Hellas A.E) στις Νήσους Β. Εχινάδες του Ιονίου. Η δυναμικότητα της μονάδας ανέρχεται στους 1000 τόννους και το μέσο βάρος των ψαριών που εκτρέφονται κάθε χρόνο κυμαίνεται μεταξύ 140 και 150 kg. Η εκτροφή διαρκεί από 6 έως 7 μήνες και η αύξηση που επιτυγχάνεται σε αυτό το χρονικό διάστημα μπορεί να φτάσει μέχρι και το 39% του βάρους των ψαριών (FAO/GFCM/ICCAT 2005).

Ο ρυθμός αύξησης είναι ένας ιδιαίτερα εύπλαστος χαρακτήρας στα διάφορα είδη των ψαριών και εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα της τροφής και η πυκνότητα του πληθυσμού. Αρκετές μελέτες έχουν εκτιμήσει την ηλικία και την αύξηση άγριων ατόμων ερυθρού τόννου χρησιμοποιώντας σκληρές σκελετικές δομές (Rodriguez-Marin *et al.* 2007, Santamaria *et al.* 2009) όμως, καμιά δεν έχει εκτιμήσει αυτά τα βιολογικά χαρακτηριστικά σε εκτρεφόμενα άτομα. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση της ηλικίας και ο προσδιορισμός της σχέσης μήκους-βάρους εκτρεφόμενων ατόμων ερυθρού τόννου στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου με σκοπό τον έλεγχο της βασικής υπόθεσης που τέθηκε ότι τα εκτρεφόμενα άτομα παρουσιάζουν μεγαλύτερη αύξηση από τα άγρια αφού οι περιβαλλοντικές συνθήκες κατά το διάστημα της εκτροφής τους σε κλωβούς είναι πιθανά ευνοϊκότερες για την αύξησή τους.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στη μονάδα πάχυνσης Bluefin Tuna Hellas A.E., από τον Ιανουάριο του 2007 έως τον Ιανουάριο του 2008. Από 233 άτομα ερυθρού τόννου συλλέχθηκε η πρώτη σκληρή ακτίνα (άκανθα) του πρώτου ραχιαίου πτερυγίου και μετρήθηκε το μεσουραίο μήκος (FL) στο πλησιέστερο cm και το ολικό βάρος (RW) στο πλησιέστερο kg. Για την περιγραφή της σχέσης μεσουραίου μήκους-ολικού βάρους χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση $RW=a*FL^b$.

Στη βάση κάθε άκανθας, κοντά στον κόνδυλο, έγιναν τρεις έως τέσσερις τομές πάχους 1 mm (Rodriguez-Marin *et al.* 2007) χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρικό όργανο κοπής ISOMET, χαμηλής ταχύτητας. Σε μια τομή άκανθας δύο τύποι δακτυλίων παρατηρήθηκαν οι οποίοι εναλλάσσονταν: ένας διαφανής (ή μια ομάδα στενά συνδεδεμένων διαφανών δακτυλίων) και ένας αδιαφανής δακτύλιος. Κάθε ζεύγος αδιαφανών – διαφανών δακτυλίων αντιστοιχούσε σε ένα ετήσιο δακτύλιο. Οι διαφανείς δακτύλιοι, είναι ενδεικτικοί της αργής αύξησης ενώ οι αδιαφανείς δακτύλιοι της γρήγορης αύξησης (Rodriguez-Marin *et al.* 2007).

Η εκτίμηση της ηλικίας έγινε με την ανάγνωση των ετήσιων αυξητικών δακτυλίων στις τομές. Η παρατήρηση των τομών και η μέτρηση των ακτινών των ετήσιων δακτυλίων έγινε με διοφθάλμιο στερεοσκόπιο εξοπλισμένο με σύστημα ανάλυσης εικόνας (Image Analysis Pro Plus 3.1.) και με διερχόμενο φωτισμό. Σε κάθε τομή, υπολογίστηκαν οι ακτίνες των δακτυλίων από την εξίσωση $R_i=D_i-D/2$, όπου R_i η ακτίνα του i δακτυλίου, D η διάμετρος της τομής της άκανθας και D_i η απόσταση από το εξωτερικό περιθώριο του i δακτυλίου και της άκρης της αντίθετης πλευράς της τομής (Megalofonou & De Metrio 2000). Επίσης, υπολογίστηκε η σχέση ακτίνας τομής άκανθας- μεσουραίου μήκους με ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης.

Στα νεαρά άτομα, ηλικίας τριών ετών, ήταν εύκολο να εντοπιστούν όλοι οι ετήσιοι δακτύλιοι. Αντίθετα, σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, οι ετήσιοι δακτύλιοι στην κεντρική περιοχή της τομής της άκανθας είχαν απορροφηθεί με αποτέλεσμα να μην είναι εμφανείς. Για την εκτίμηση της θέσης και του αριθμού των αρχικών ετήσιων δακτυλίων, που δεν ήταν εμφανείς χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των R_i , για ηλικίες έως και 3 ετών, από σχετική μελέτη εκτίμησης ηλικίας νεαρών ατόμων στη Μεσόγειο (Megalofonou & De Metrio 2000).

Συνολικά, έγιναν τρεις αναγνώσεις των τομών των ακανθών και εκτιμήθηκε η επαναληπτικότητα της μεθόδου χρησιμοποιώντας το Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα και το Συντελεστή Μεταβλητότητας (Campana 2001). Το Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα (APE) και ο Συντελεστής Μεταβλητότητας (CV) υπολογίστηκαν από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$APE_j = 100\% \times \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|x_{ij} - X_j|}{X_j} \quad (1)$$

$$CV_j = 100\% \times \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \quad (2)$$

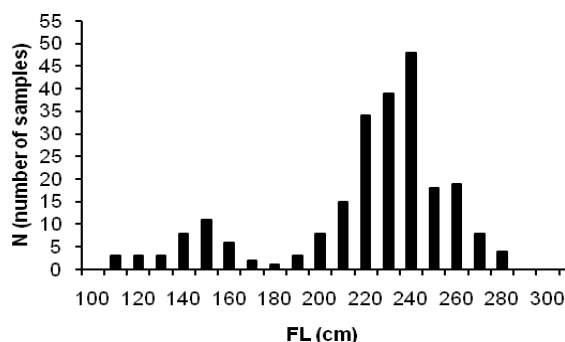
Όπου x_{ij} είναι η $i^{\text{η}}$ εκτίμηση της ηλικίας του $j^{\text{ου}}$ ψαριού, X_j η μέση εκτιμώμενη ηλικία του $j^{\text{ου}}$ ψαριού και R ο αριθμός των αναγνώσεων.

Τέλος, υπολογίστηκαν τα μέσα μήκη ανά ηλικία και συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα ανάλογων εργασιών για άγρια άτομα ερυθρού τόννου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το μεσουραίο μήκος (FL) και το ολικό βάρος (RW) των ατόμων ερυθρού τόννου κυμάνθηκε από 102 έως 278 cm και από 43 έως 475 kg, αντίστοιχα. Η έλλειψη νεαρών ατόμων με μήκος μικρότερο των 102 cm οφείλεται στο γεγονός ότι στις μονάδες πάχυνσης το ελάχιστο επιτρεπόμενο βάρος των ατόμων είναι τα 30 kg. Μικρή συχνότητα ατόμων εμφάνισαν οι

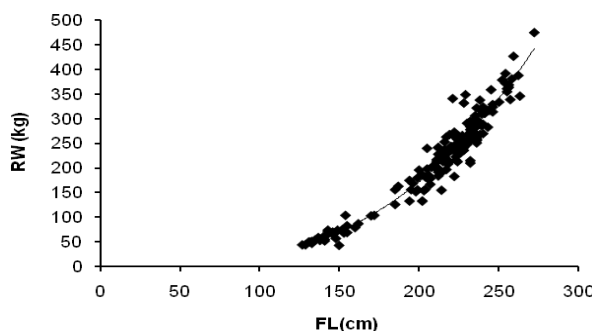
κλάσεις μεσουραίου μήκους μεταξύ 100 και 130 cm και η κλάση 170-180 cm. Αντίθετα, η κλάση 230-240 cm, εμφάνισε τη μεγαλύτερη συχνότητα ατόμων που έφτασε το 20.6% (Εικ. 1).



Εικ. 1: Κατανομή συχνοτήτων μεσουραίου μήκους εκτρεφόμενων ατόμων ερυθρού τόννου στην Ανατολική Μεσόγειο (n=233).

Fig. 1: Fork length distribution of farmed bluefin tuna in the Eastern Mediterranean Sea (n=233).

Μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών του μεσουραίου μήκους και του ολικού βάρους βρέθηκε μία υψηλή συσχέτιση ($R^2= 0.96$) ενώ η υπολογισθείσα εξίσωση ήταν η $RW= 1.33 \cdot 10^{-5} \cdot FL^{3.09}$, $n=233$ (Εικ. 2). Η τιμή της κλίσης b ήταν μεγαλύτερη του 3 δεικνύοντας θετική αλλομετρική αύξηση. Συγκεκριμένα από τη δοκιμή σημαντικότητας t -test, απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση ($H_0: b=3$) για επίπεδο σημαντικότητας 5%, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι τα εκτρεφόμενα άτομα στην περιοχή μελέτης εμφανίζουν μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης του βάρους τους από αυτό του μήκους τους. Αντίθετα, τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών στη Μεσόγειο (El-Tawil *et al.* 2004, Santamaria *et al.* 2009) έχουν δείξει ότι τα άγρια άτομα ερυθρού τόννου χαρακτηρίζονται από αρνητική αλλομετρική αύξηση ($b < 3$).



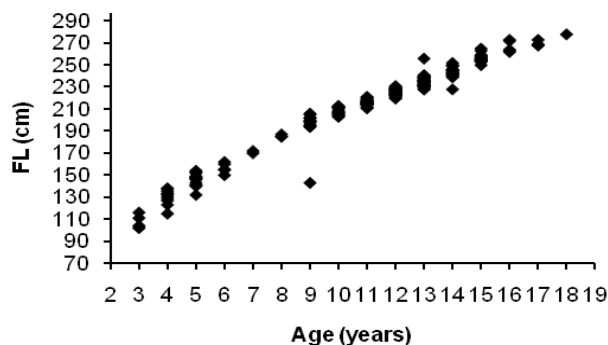
Εικ. 2: Σχέση μεσουραίου μήκους (FL) και ολικού βάρους (RW) εκτρεφόμενων ατόμων ερυθρού τόννου στην Ανατολική Μεσόγειο (n=233).

Fig. 2: Relationship between fork length (FL) and round weight (RW) of farmed bluefin tuna in the Eastern Mediterranean Sea (n=233).

Η μελέτη της σχέσης μεταξύ του μεσουραίου μήκους (FL) και της ακτίνας (R) της τομής της άκανθας του πρώτου ραχιαίου πτερυγίου έδειξε ότι μεταξύ των δύο μεταβλητών υπάρχει μία υψηλή συσχέτιση ($R^2= 0.89$) ενώ η υπολογισθείσα γραμμική εξίσωση που συνδέει τις δύο μεταβλητές ήταν η $FL= 34.93 + 31.39 \cdot R$, $n=233$.

Το εύρος των εκτιμώμενων ηλικιών ήταν από 3 έως 18 ετών με μέσα μεσουραία μήκη 107 cm και 278 cm, αντίστοιχα. Τα άτομα ηλικίας 13 ετών εμφάνισαν τη μεγαλύτερη συχνότητα (21.89%), ενώ τη μικρότερη συχνότητα ατόμων (0.43%) την εμφάνισαν τα άτομα ηλικίας 18 ετών (Εικ. 3).

Η επαναληπτικότητα της μεθόδου εκτίμησης ηλικίας ήταν σχετικά υψηλή. Το Μέσο Ποσοστιαίο Σφάλμα (APE) και ο Συντελεστής Μεταβλητότητας (CV) ήταν 2.46% και 3.19%, αντίστοιχα. Οι υπολογιζόμενες τιμές των μέτρων που εκτιμήθηκαν στην παρούσα εργασία βρίσκονταν εντός των επιτρεπόμενων ορίων (0.5-10%) που ορίζει η διεθνής βιβλιογραφία (Campana 2001, Rodriguez-Marin *et al.* 2007).



Εικ. 3: Σχέση μεσουραίου μήκους (FL) και ηλικίας (Age) εκτρεφόμενων ατόμων ερυθρού τόννου στην Ανατολική Μεσόγειο (n=233).

Fig. 3: Relationship between fork length (FL) and age of farmed bluefin tuna in the Eastern Mediterranean Sea (n=233).

Μία πρώτη σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με αντίστοιχα προηγούμενων μελετών (Rodriguez-Marin *et al.* 2007, Santamaria *et al.* 2009) έδειξε ότι τα εκτρεφόμενα άτομα ως επί το πλείστον εμφανίζουν μεγαλύτερα μέσα μήκη ανά ηλικία. Οι διαφορές μεταξύ εκτρεφόμενων και άγριων ατόμων ήταν περισσότερο εμφανείς στα μέσα βάρη ανά ηλικία επιβεβαιώνοντας την αρχική υπόθεση εργασίας. Προφανώς, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και ιδιαίτερα η ποιότητα και η ποσότητα της παρεχόμενης τροφής στη μονάδα πάχυνσης, έστω και για ένα μικρό χρονικό διάστημα λίγων μηνών, επιδρούν σημαντικά στην γρήγορη αύξηση του είδους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Campana S.E., 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59: 197-242.
- El-Tawil M., N. El-Kabir, J.M. Ortiz de Urbina, J. Valeiras & E. Abad, 2004. Length-weight relationships for bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) caught from the Libyan trap fishery in 1999-2002. *ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers*, 56(3): 1192-1195.
- FAO/GFCM/ICCAT, 2005. Report of the third meeting of the Working Group on Sustainable Bluefin Tuna Farming/Fattening Practices in the Mediterranean. Rome, 16-18 March 2005. *FAO Fisheries Report*, p.108.
- ICCAT, 2009. Statistical Bulletin (1950-2007). Spain, July 2009. *ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers*, 38: 52-53.
- Megalofonou P. & G. De Metrio, 2000. Age estimation and annulus-formation in dorsal spines of juvenile bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, from the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biological Association*, 80: 753-754.
- Rodriguez-Marin E., N. Clear, J.L. Cort, P. Megalofonou, J.D. Neilson, M. Neves dos Santos, D. Olafsdottir, C. Rodriguez-Cabello, M. Ruiz & J. Valeiras, 2007. REPORT OF THE 2006 ICCAT WORKSHOP FOR BLUEFIN TUNA DIRECT AGEING. *ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers*, 60(4): 1349-1392.
- Santamaria N., G. Bello, A. Corriero, M. Deflorio, R. Vassalo-Agius, T. Bök & G. De Metrio, 2009. Age and growth of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 38-45.